

(12)特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局(43) 国際公開日
2004年8月19日 (19.08.2004)

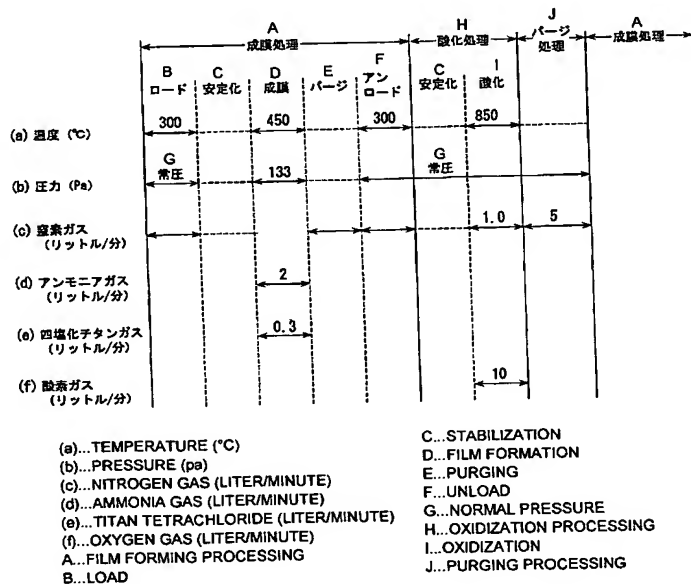
PCT

(10) 国際公開番号
WO 2004/070079 A1

- (51) 国際特許分類⁷: C23C 16/44 (72) 発明者; および
(75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 古屋 治彦 (FU-RUYA, Haruhiko) [JP/JP]. 両角 友一朗 (MOROZUMI, Yuichiro) [JP/JP]. 池川 寛晃 (IKEGAWA, Hiroaki) [JP/JP]. 平山 誠 (HIRAYAMA, Makoto) [JP/JP]. 伊藤 勇一 (ITO, Yuichi) [JP/JP].
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2004/001125
- (22) 国際出願日: 2004年2月4日 (04.02.2004)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ: 特願2003-031504 2003年2月7日 (07.02.2003) JP (81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NA, [続葉有]
- (71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 東京エレクトロン株式会社 (TOKYO ELECTRON LIMITED) [JP/JP]; 〒1078481 東京都港区赤坂五丁目3番6号 Tokyo (JP).

(54) Title: SEMICONDUCTOR PROCESSING METHOD FOR PROCESSING SUBSTRATE TO BE PROCESSED AND ITS APPARATUS

(54) 発明の名称: 被処理基板を処理する半導体処理方法及び装置



(57) Abstract: A method for processing a substrate (10) to be processed by means of a semiconductor processing apparatus (1), wherein a process gas is supplied into a processing vessel (2) while controlling the temperature of a first substrate (10) to a processing temperature in the processing vessel (2) so as to conduct a semiconductor processing of the first substrate. During the semiconductor processing, a by-product film is formed on the inner surface of the processing vessel (2). After the first substrate (10) is taken out of the processing vessel (2) after the semiconductor processing, a reforming gas is supplied into the processing vessel (2) so as to conduct a reforming processing of the by-product film. The reforming processing is so set as to lower the heat reflectivity of the by-product film. The process gas is again supplied into the processing vessel (2) after the reforming processing while controlling the temperature of a second substrate (10) in the processing vessel (2) so as to conduct a semiconductor processing of the second substrate.

[続葉有]



NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.

MC, NL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

— 国際調査報告書

- (84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IT, LU,

2文字コード及び他の略語については、定期発行される各PCTガゼットの巻頭に掲載されている「コードと略語のガイダンスノート」を参照。

(57) 要約: 半導体処理装置 (1) において被処理基板 (10) を処理する方法は、処理容器 (2) 内で第1基板 (10) を処理温度に温度制御しながら前記処理容器内に処理ガスを供給し、前記第1基板に対して半導体処理を行う。前記半導体処理において、前記処理容器 (2) の内面上に副産物膜が形成される。前記半導体処理後で且つ前記処理容器 (2) から前記第1基板 (10) を取り出した後、前記処理容器内に改質ガスを供給し、前記副産物膜に対して改質処理を行う。前記改質処理は前記副産物膜の熱反射性を低下させるように設定される。前記改質処理後、前記処理容器 (2) 内で第2基板 (10) を前記処理温度に温度制御しながら前記処理容器内に前記処理ガスを供給し、前記第2基板に対して前記半導体処理を行う。

明 細 書

被処理基板を処理する半導体処理方法及び装置

技術分野

本発明は、被処理基板を処理する半導体処理方法及び装置に関し、より具体的には、半導体処理において処理容器の内面上に形成される副産物膜が、半導体処理における温度制御を悪化させるのを防止するようにした処理技術に関する。ここで、半導体処理とは、ウエハやLCD (Liquid crystal display)やFPD (Flat Panel Display)用のガラス基板などの被処理基板上に半導体層、絶縁層、導電層などを所定のパターンで形成することにより、該被処理基板上に半導体デバイスや、半導体デバイスに接続される配線、電極などを含む構造物を製造するために実施される種々の処理を意味する。

背景技術

半導体デバイスの製造過程では、CVD (Chemical Vapor Deposition)等の処理により、被処理基板、例えば、半導体ウエハ上に薄膜を形成する成膜処理が行われる。このような成膜処理を、複数のウエハ対して一度に行うバッチ式の装置として、縦型熱処理装置が知られている。図7は、従来の縦型熱処理装置を示す図である。

図7に示す熱処理装置で処理を行う場合、まず、内管52a及び外管52bからなる二重管構造の処理容器52内をヒータ53により予熱する。次に、複数枚のウエハ54を収容したウエハポート55を処理容器52 (内管52a)内にロードする。次に、排気ポート56から処理容器52内のガス

を排気し、処理容器 5 2 内を所定の圧力に減圧する。これと共に、処理容器 5 2 内をヒータ 5 3 により所定の温度に加熱する。

処理容器 5 2 内が所定の圧力に減圧された後、ガス導入管 5 7 から内管 5 2 a 内に処理ガスを供給する。内管 5 2 a 内に処理ガスが供給されると、処理ガスが熱反応を起こす。熱反応により生成された反応生成物がウエハ 5 4 の表面に堆積し、ウエハ 5 4 の表面に薄膜が形成される。

成膜処理によって発生する排ガスは、排気ポート 5 6 に接続された排気管 5 8 から処理容器 5 2 外に排気される。排気管 5 8 には、トラップ、スクラバー等（図示せず）が介設される。排ガスは、これに含まれる反応生成物等がトラップ等により取り除かれて無害化された後、処理容器 5 2 外に排気される。

成膜処理によって生成される反応生成物は、ウエハ 5 4 の表面だけでなく、例えば、内管 5 2 a の内壁等にも堆積（付着）し、副産物膜を形成する。副産物膜が処理容器 5 2 内に付着した状態で成膜処理を引き続き行くと、副産物膜が剥離してパーティクルを発生しやすくなる。パーティクルがウエハ 5 4 に付着すると、製造される半導体デバイスの歩留りを低下させる。

このため、熱処理装置 5 1 では、パーティクルが発生しない程度の回数だけ成膜処理を行った後、処理容器 5 2 のクリーニング処理を行う。クリーニング処理では、ヒータ 5 3 により処理容器 5 2 内を所定の温度に加熱し、処理容器 5 2 内

にクリーニングガスを供給する。処理容器 5 2 内に付着した副産物膜はクリーニングガスによってエッチングされ、処理容器 5 2 外に除去される。

しかし、本発明者らによれば、後述するように、従来のこの種の処理方法では、副産物膜が半導体処理における温度制御性に大きな悪影響を及ぼしていることが見出されている。

発明の開示

本発明は、被処理基板を処理する半導体処理方法及び装置であって、処理容器の内面上に形成される副産物膜が半導体処理における温度制御を悪化させるのを防止するようにした処理方法及び装置を提供することを目的とする。

本発明の第 1 の視点は、半導体処理装置において被処理基板を処理する方法であって、

処理容器内で第 1 基板を処理温度に温度制御しながら前記処理容器内に処理ガスを供給し、前記第 1 基板に対して半導体処理を行う工程と、前記半導体処理において、前記処理容器の内面上に副産物膜が形成されることと、

前記半導体処理後で且つ前記処理容器から前記第 1 基板を取り出した後、前記処理容器内に改質ガスを供給し、前記副産物膜に対して改質処理を行う工程と、前記改質処理は前記副産物膜の熱反射性を低下させるように設定されることと、

前記改質処理後、前記処理容器内で第 2 基板を前記処理温度に温度制御しながら前記処理容器内に前記処理ガスを供給し、前記第 2 基板に対して前記半導体処理を行う工程と、を具備する。

本発明の第2の視点は、半導体処理装置において被処理基板を処理する方法であって、

処理容器内で第1基板を処理温度に温度制御しながら前記処理容器内に処理ガスを供給し、CVD処理により前記第1基板上に金属窒化物を主成分とする薄膜を形成する工程と、前記CVD処理において、前記処理容器の内面上に金属窒化物を主成分とする副産物膜が形成されることと、

前記半導体処理後で且つ前記処理容器から前記第1基板を取り出した後、前記処理容器内に改質ガスを供給し、前記副産物膜に対して改質処理を行う工程と、前記改質処理は、前記処理温度よりも十分に高い改質温度で前記改質ガスにより前記副産物膜を酸化して前記副産物膜の熱反射性を低下させるように設定されることと、

前記改質処理後、前記処理容器内で第2基板を前記処理温度に温度制御しながら前記処理容器内に前記処理ガスを供給し、前記CVD処理により前記第2基板上に薄膜を形成する工程と、

を具備する。

本発明の第3の視点は、半導体処理装置であって、

被処理基板を収容する処理容器と、

前記処理容器に収容された前記被処理基板を加熱するヒータと、

前記処理容器内に必要なガスを供給するガス供給系と、

前記ヒータ及び前記ガス供給系を制御する制御部と、

を具備し、前記制御部は、

前記処理容器内で第 1 基板を処理温度に温度制御しながら前記処理容器内に処理ガスを供給し、前記第 1 基板に対して半導体処理を行う工程と、前記半導体処理において、前記処理容器の内面上に副産物膜が形成されることと、

前記半導体処理後で且つ前記処理容器から前記第 1 基板を取り出した後、前記処理容器内に改質ガスを供給し、前記副産物膜に対して改質処理を行う工程と、前記改質処理は前記副産物膜の熱反射性を低下させるように設定されることと、

前記改質処理後、前記処理容器内で第 2 基板を前記処理温度に温度制御しながら前記処理容器内に前記処理ガスを供給し、前記第 2 基板に対して前記半導体処理を行う工程と、
を実行するように予設定される。

図面の簡単な説明

図 1 は、本発明の実施の形態に係る縦型熱処理装置（縦型 CVD 装置）を示す断面図。

図 2 は、本発明の実施の形態に係る処理方法の制御で使用されるレシピ（タイムシーケンス）を示す図。

図 3 は、図 1 に示す装置を使用した実験 1 によって得られた、処理容器内の位置と温度との関係を示すグラフ。

図 4 は、図 1 に示す装置を使用した実験 2 によって得られた、加熱時間と温度との関係を示すグラフ。

図 5 は、図 1 に示す装置を使用した実験 3 によって得られた、処理容器内の位置とウエハ上のチタン窒化膜の膜厚との関係を示すグラフ。

図 6 は、図 1 に示す装置を使用した実験によって得られた、

処理容器内の位置とウエハ上のチタン窒化膜の膜厚の面内均一性との関係を示すグラフ。

図 7 は、従来の熱処理装置を示す図。

発明を実施するための最良の形態

本発明者らは、本発明の開発の過程において、半導体処理装置において被処理基板を処理する従来の方法の問題点について研究を行った。その結果、以下に述べるような知見を得た。

上述のように、図 7 に示す熱処理装置 5 1 において、半導体ウエハ 5 4 上に C V D により所定の薄膜を形成する場合、内管 5 2 a の内壁等の上に不均一に副産物膜が形成される。チタン窒化膜のような熱反射性の高い薄膜を形成する場合、副産物膜も熱反射性の高いものとなる。処理容器 5 2 内の半導体ウエハ 5 4 は、処理容器 5 2 の周囲のヒータ 5 3 により加熱されるため、ウエハ 5 4 とヒータ 5 3 との間に熱反射性の高い膜が不均一に存在すると、ヒータ 5 3 からの熱の供給及び半導体ウエハ 5 4 からの熱の放射の均一性が著しく損なわれる。その結果、ヒータ 5 3 によってウエハ 5 4 の温度を正確に制御することが困難になると共に、処理容器 5 2 内の温度にバラツキが生じる。

このように、成膜時における処理容器 5 2 内の温度（ウエハ 5 4 の温度）の制御性が低下すると、ウエハ 5 4 上に所定の薄膜を高精度に形成することができなくなる。特に、副産物膜の状態は、C V D 処理を繰り返すにつれて変化するため、副産物膜の状態に依存してウエハのロット間で成膜再現性が

低下する。処理容器 5 2 のクリーニング処理を頻繁に行って副産物膜を除去すれば、成膜再現性の低下を防止することは可能であるが、この場合には生産性が低下してしまう。

かかる観点から、本発明者らは、副産物膜の熱反射性を低下させることにより、ヒータ 5 3 による温度の制御性が悪化するのを抑制するという方法を採用することとした。副産物膜の熱反射性は、半導体処理間で改質ガスを処理容器 5 2 内に供給して副産物膜を改質することにより低下させることができる。この方法によれば、クリーニング処理とは異なり、生産性をあまり低下させずに、成膜再現性の低下を防止することが可能となる。

図 7 に示す熱処理装置 5 1 のようなホットウォール型の装置においては、副産物膜の熱反射性は、膜の色によって判断できる。一般に、膜の色が茶色のように濃い色であると熱反射性が高く、膜の色が白色や透明に近づくことにより熱反射性が低下する。例えば、チタン窒化膜は金褐色（または紫色と茶色との中間色）であるために熱反射性が高いが、チタン酸化膜は白色であり熱反射性が低い。

また、副産物膜の熱反射性が、光透過率の逆数（換言すると熱反射性 \equiv 光反射率）であるものとする、副産物膜の光透過率と温度制御性との関係を数値化することができる。即ち、副産物膜の光透過率が 50 % 以下では温度制御性はかなり低下するが、これを 70 % 以上、望ましくは 90 % 以上にすると、温度制御性の低下を許容範囲とすることができる（波長 3 ~ 4 μ m の赤外線光に対して）。

別の観点から見ると、改質後の副産物膜の光透過率は、処理容器 5 2 の内管 5 2 a 及び外管 5 2 b、特に内管 5 2 a（ウエハ 5 4 とヒータ 5 3 との間に介在する部材であって且つその上に副産物膜が形成される部材）の光透過率に比べてあまり低いことが望ましい。例えば、処理容器 5 2 の内管 5 2 a がこの種の材料として通常使用される石英からなる場合、内管 5 2 a の光透過率は約 70 ～ 90 % である。従って、副産物膜が積層された状態の内管 5 2 a が、この光透過率の範囲を維持できるように副産物膜を改質すれば、温度制御性も維持できることとなる。

なお、半導体処理において処理容器の内面上に形成される副産物膜が、半導体処理における温度制御を悪化させるという問題は、CVD 装置に限らず、エッチング装置など他の半導体処理装置でも生じる共通の問題である。

以下に、このような知見に基づいて構成された本発明の実施の形態について図面を参照して説明する。なお、以下の説明において、略同一の機能及び構成を有する構成要素については、同一符号を付し、重複説明は必要な場合にのみ行う。

図 1 は、本発明の実施の形態に係る縦型熱処理装置（縦型 CVD 装置）を示す断面図である。熱処理装置 1 は、長手方向が垂直方向に向けられた略円筒状の処理容器 2 を具備する。処理容器 2 は、内管 3 と、内管 3 を覆うと共に内管 3 と一定の間隔を有するように形成された有天井の外管 4 とから構成された二重管構造を有する。内管 3 及び外管 4 は、耐熱材料、例えば、石英により形成される。

外管 4 の下方には、筒状に形成されたステンレス鋼（S U S）からなるマニホールド 5 が配置される。マニホールド 5 は、外管 4 の下端と気密に接続される。また、内管 3 は、マニホールド 5 の内壁から突出すると共に、マニホールド 5 と一体に形成された支持リング 6 に支持される。

マニホールド 5 の下方には蓋体 7 が配置され、ポートエレベータ 8 により蓋体 7 は上下動可能に構成される。ポートエレベータ 8 により蓋体 7 が上昇すると、マニホールド 5 の下側開口（処理容器 2 のロードポート）が閉鎖される。

蓋体 7 には、例えば、石英からなるウエハポート 9 が、保温筒 9 0 を介して載置される。ウエハポート 9 は、被処理基板、例えば、半導体ウエハ 1 0 が垂直方向に所定の間隔をおいて複数枚収容可能に構成される。

処理容器 2 の周囲には、処理容器 2 を取り囲むように断熱体 1 1 が配設される。断熱体 1 1 の内壁面には、例えば、抵抗発熱体からなる昇温用ヒータ 1 2 が配設される。ヒータ 1 2 により処理容器 2 の内部が所定の温度に加熱され、この結果、ウエハ 1 0 が所定の温度に加熱される。このように、熱処理装置 1 は、処理容器 2 の内部を加熱することによりウエハ 1 0 を加熱するホットウォール型（間接加熱型）の加熱機構を具備する。

マニホールド 5 の側面には、処理ガスを導入する第 1 の処理ガス導入管 1 3 と、第 2 の処理ガス導入管 1 4 と、改質ガスを導入する改質ガス導入管 1 5 とが挿通される。ガス導入管 1 3、1 4、1 5 は、内管 3 の下側領域で開口するように

配設される。例えば、図 1 に示すように、ガス導入管 13、14、15 は、支持リング 6 より下方（内管 3 の下方）でマニホールド 5 の側面に挿通される。

処理ガス導入管 13、14 は、マスフローコントローラ等（図示せず）を介して、第 1 及び第 2 のガス供給部 GS 13、GS 14 に夫々接続される。本実施の形態において、第 1 のガス供給部 GS 13 は、アンモニア（ NH_3 ）ガスを含む第 1 の処理ガスの供給部である。第 2 のガス供給部 GS 14 は、四塩化チタン（ TiCl_4 ）ガスを含む第 2 の処理ガスの供給部である。即ち、熱処理装置 1 においては、第 1 及び第 2 の処理ガスを用いて CVD 処理が行われ、これにより、ウエハ 10 上にチタン窒化膜からなる薄膜が形成される。

改質ガス導入管 15 は、マスフローコントローラ等（図示せず）を介して、改質ガス供給部 GS 15 に接続される。本実施の形態において、改質ガスは、処理容器 2 の内面、特に内管 3 に付着する、チタン窒化物を主成分（即ち 50% 以上）とする副産物膜を酸化する酸化ガスからなる。このような酸化ガスとしては、例えば、酸素、オゾンガスを挙げることができる。酸素ガスの場合、酸素の活性種をウエハ 10 に対して供給するように、供給酸素ガスを処理容器 2 外或いは処理容器 2 内でプラズマ化してもよい。

上述のように、本実施の形態においては、第 1 の処理ガス導入管 13 からアンモニアガスを含む第 1 の処理ガスが、第 2 の処理ガス導入管 14 から四塩化チタンガスを含む第 2 の処理ガスが、第 3 処理ガス導入管 15 から酸化ガスである改

質ガスが、夫々処理容器 2 の内管 3 内に導入可能となる。第 1 及び第 2 の処理ガス、及び改質ガスには、必要に応じて適当な量のキャリアガスが混合されるが、以下では、説明を容易にするため、キャリアガスについては言及しない。

マニホールド 5 の側面には排気口 16 が形成される。排気口 16 は支持リング 6 より上方に配設されており、処理容器 2 内の内管 3 と外管 4 との間に形成された空間に連通する。内管 3 で発生した排ガス等は、内管 3 と外管 4 との間の空間を通過して排気口 16 に排気される。排気口 16 の下方でマニホールド 5 の側面には、窒素ガスからなるパージガスを供給するパージガス供給部 GS 17 がガス導入管 17 を介して接続される。

排気口 16 には排気管 18 が気密に接続される。排気管 18 には、その上流側から、バルブ 19 と、真空ポンプ 20 とが介設される。バルブ 19 は、排気管 18 の開度を調整し、処理容器 2 内の圧力を所定の圧力に制御する。真空ポンプ 20 は、排気管 18 を介して処理容器 2 内のガスを排気すると共に、処理容器 2 内の圧力を調整する。

排気管 18 には、トラップ、スクラバー等（図示せず）が介設される。排ガスは、これに含まれる反応生成物等がトラップ等により取り除かれて無害化された後、処理容器 2 外に排気される。

ボートエレベータ 8、ヒータ 12、ガス供給部 GS 13、GS 14、GS 15、GS 17、バルブ 19、真空ポンプ 20 は、制御部 21 に接続される。制御部 21 は、マイクロプ

ロセッサ、プロセスコントローラ等を含むCPUから構成される。制御部21は、熱処理装置1の各部の温度、圧力等を測定し、測定データに基づいて、上記各部に制御信号等を出力して各部を制御する。図2は、本発明の実施の形態に係る処理方法の制御で使用するレシピ（タイムシーケンス）を示す図である。

次に、以上のように構成された熱処理装置1において半導体ウエハ10を処理する方法について説明する。本実施の形態では、ウエハ10上にチタン窒化膜を形成する場合を例にあげて、図2に示すレシピを参照して説明する。以下の説明において、熱処理装置1を構成する各部の動作は、制御部21により制御される。

本発明の実施の形態に係る処理方法は、ウエハ10上にチタン窒化膜を成膜する成膜処理と、処理容器2の内面上のチタン窒化物を主成分（即ち50%以上）とする副産物膜を改質する改質処理と、処理容器2内のガスを排出するパージ処理とを具備する。

まず、成膜処理を行うため、ヒータ12により、処理容器2内を所定のロード温度、本例では図2の（a）に示すように300℃に加熱する。一方、ボートエレベータ8により蓋体7が下げられた状態で、ウエハ10が収容されたウエハボート9を蓋体7上に載置する。次に、ガス供給管17から処理容器2内に所定量の窒素ガスを供給し、ボートエレベータ8により蓋体7を上昇させ、ウエハボート9を処理容器2内にロードする。これにより、ウエハ10を処理容器2の内管

3 内に收容すると共に、処理容器 2 を密閉する（ロード工程）。

処理容器 2 を密閉した後、ガス供給管 17 から処理容器 2 内に所定量の窒素ガスを供給する。これと共に、バルブ 19 の開度を制御しつつ、真空ポンプ 20 を駆動させて処理容器 2 内のガスを排出し、処理容器 2 内の減圧を開始する。処理容器 2 内のガスの排出は、処理容器 2 内の圧力を所定の圧力、例えば、 $26.6 \sim 2660 \text{ Pa}$ ($0.2 \sim 20 \text{ Torr}$)、本例では図 2 の (b) に示すように 133 Pa (1 Torr) になるまで行う。また、ヒータ 12 により、処理容器 2 内を所定の温度、例えば、 $300 \sim 600^\circ\text{C}$ 、本例では図 2 の (a) に示すように 450°C に加熱する。そして、この減圧及び加熱操作を、処理容器 2 が所定の圧力及び温度で安定するまで行う（安定化工程）。

処理容器 2 内が所定の圧力及び温度で安定した後、ガス供給管 17 からの窒素ガスの供給を停止する。そして、処理ガス導入管 13、14 からアンモニアガスを含む第 1 の処理ガスと、四塩化チタンガスを含む第 2 の処理ガスとを夫々内管 3 内に導入する。ここで、アンモニアガスの流量は、例えば、 $1.5 \sim 3.5 \text{ リットル}/\text{min}$ 、本例では図 2 の (d) に示すように $2 \text{ リットル}/\text{min}$ とする。また、四塩化チタンガスの流量は、例えば、 $0.25 \sim 0.35 \text{ リットル}/\text{min}$ 、本例では図 2 の (e) に示すように $0.3 \text{ リットル}/\text{min}$ とする。

内管 3 内に導入されたアンモニア及び四塩化チタンは、処

処理容器 2 内の熱により熱分解反応を起こす。この反応によりウエハ 10 の表面上にチタン窒化物が堆積され、これによりウエハ 10 上にチタン窒化膜が形成される（成膜工程）。

ウエハ 10 上に所定厚のチタン窒化膜が形成された後、処理ガス導入管 13、14 からの第 1 及び第 2 の処理ガスの供給を停止する。そして、バルブ 19 の開度を制御しつつ、真空ポンプ 20 を駆動させて、処理容器 2 内のガスを排出する。これと共に、ガス供給管 17 から所定量の窒素ガスを供給し、処理容器 2 内のガスを排気管 18 に排出する（パージ工程）。なお、処理容器 2 内のガスを確実に排出するために、処理容器 2 内のガスの排出及び窒素ガスの供給を複数回繰り返すことが好ましい。

最後に、ガス供給管 17 から所定量の窒素ガスを供給し、処理容器 2 内を常圧に戻す。その後、ポートエレベータ 8 により蓋体 7 を下降させ、ウエハポート 9（ウエハ 10）を処理容器 2 からアンロードする（アンロード工程）。

以上のような成膜処理により、処理容器 2 の内管 3 及び外管 4、保温筒 90、ウエハポート 9、ダミーウエハ（製品ウエハとして使用されないが処理性能を向上させるためにウエハポート 9 に載置されるウエハ）などの部品、特に内管 3 の内面上にはチタン窒化物を主成分とする熱反射性の高い副産物膜が不均一に付着する。この状態で次のロットのウエハに対して成膜処理を行うと、ヒータ 12 からの熱の供給及び半導体ウエハ 10 からの熱の放射の均一性が著しく損なわれる。その結果、ヒータ 12 によってウエハ 10 の温度を正確に制

御することが困難になると共に、処理容器 2 内の温度にバラツキが生じる。

このため、成膜処理後に改質処理を行って副産物膜の熱反射性を低下させ、処理容器 2 内を均一な温度に制御できるようにする。改質処理では、まず、ガス供給管 17 から処理容器 2 内に所定量の窒素ガスを供給する。この状態で、ボートエレベータ 8 により蓋体 7 を上昇させ、製品ウエハ 10 が載置されていない（しかし、ダミーウエハは載置されている）ウエハボート 9 を処理容器 2 内にロードする。このようにして、ウエハボート 9 を処理容器 2 の内管 3 内に収容すると共に、処理容器 2 を密閉する。

次に、ガス供給管 17 から処理容器 2 内に所定量の窒素ガスを供給する。これと共に、ヒータ 12 により、処理容器 2 内を所定の温度、例えば、800～1000℃、本例では図 2 の（a）に示すように 850℃に加熱する。そして、この減圧及び加熱操作を、処理容器 2 が所定の圧力及び温度で安定するまで行う（安定化工程）。

続いて、ガス供給管 17 から処理容器 2 内に窒素ガスを所定量、本例では図 2 の（c）に示すように 0.1 リットル／min を内管 3 内に導入する。これと共に、改質ガス導入管 15 から処理容器 2 内に酸素ガスを所定量、本例では図 2 の（f）に示すように 10 リットル／min を内管 3 内に導入する。

内管 3 内に導入された酸素は、処理容器 2 内の熱により活性化され、処理容器 2 内に付着したチタン窒化物を主成分と

する副産物膜を酸化する。これにより、副産物膜はチタン酸化物を主成分とする膜に改質される。チタン窒化膜は金褐色（または紫色と茶色との中間色）であり熱反射性が高い（光透過率は低い）が、チタン酸化膜は白色であり熱反射性が低い（光透過率は高い）。前述のように、ホットウォール型の装置においては、副産物膜の熱反射性は、膜の色が茶色のように濃い色であると高く、膜の色が白色や透明に近づくことにより熱反射性が低下する。

従って、処理容器 2 内に改質された副産物膜が付着した状態で次のロットのウエハに対して成膜処理を行っても、ヒータ 12 からの熱の供給及び半導体ウエハ 10 の熱放射の均一性が著しく損なわれることがない。その結果、ヒータ 12 によってウエハ 10 の温度を正確に制御することができると共に、処理容器 2 内に均一性の高い均熱領域を維持することができる。

次に、改質処理後のパージ処理を行う。具体的には、改質ガス導入管 15 からの酸素ガスの供給を停止し、バルブ 19 の開度を制御しつつ、真空ポンプ 20 を駆動させて、処理容器 2 内のガスを排出する。これと共に、ガス供給管 17 から所定量、本例では図 2 の (c) に示すように 5 リットル / min の窒素ガスを供給し、処理容器 2 内のガスを排気管 18 に排出する。

その後、次のロットのウエハに対して、上述と同様な手順で上記成膜処理、酸化処理、及びパージ処理を順に行う。このような操作を繰り返す、即ち、複数のロットのウエハに対

して上述の成膜処理、酸化処理、及びパージ処理を繰り返すことにより、連続してチタン窒化膜の成膜処理を行う。その結果、生産性を低下させることなく、成膜再現性の低下を防止することができる。

なお、各成膜処理毎に、処理容器 2 内に副産物膜が堆積して蓄積されるため、パーティクルが発生しない程度の回数だけ、成膜処理、酸化処理、及びパージ処理を繰り返した後、クリーニング処理を行うことが好ましい。クリーニング処理では、ヒータ 1 2 により処理容器 2 内を所定の温度に加熱し、処理容器 2 内にクリーニングガスを供給する。処理容器 2 内に付着した副産物膜はクリーニングガスによってエッチングされ、処理容器 2 外に除去される。

[実験]

本実施の形態の効果を確認するため、図 1 に示す熱処理装置 1 を用いてウェハ 1 0 上にチタン窒化膜を形成する実験を行った。図 3 乃至図 6 は実験によって得られたデータを示すグラフである。

図 3 乃至図 6 において、記号「○」は、本発明の実施の形態に係る実施例の処理方法によりウェハ 1 0 上にチタン窒化膜を形成した場合を示す。即ち、これらの場合、成膜処理は、処理容器 2 内に付着する副産物膜がチタン酸化物を主成分とする状態で行った。一方、記号「□」は、従来技術に係る比較例の処理方法によりウェハ 1 0 上にチタン窒化膜を形成した場合を示す。即ち、これらの場合、成膜処理は、処理容器 2 内に付着する副産物膜がチタン窒化物を主成分とする状態

で行った。

実験 1 では、処理容器 2 内に副産物膜が付着した状態で処理容器 2 内を 500℃ に加熱した場合の、処理容器 2 内の位置と温度との関係を調べた。図 3 は、実験 1 によって得られた、処理容器内の位置と温度との関係を示すグラフである。図 3 において、記号 B は処理容器 2 の底部、記号 C は処理容器 2 の中央、記号 T は処理容器 2 の上部を示す。

図 3 に示すように、実施例 1 の処理方法（記号「○」で指示）の場合には、処理容器 2 内の温度は 500℃ からのずれが全体に亘って小さいものであった。一方、比較例 1 の処理方法（記号「□」で指示）場合には、処理容器 2 内の温度は 500℃ からのずれが大きく、特に、処理容器 2 の上部（T）において大きなずれが観察された。この大きなずれは、処理容器 2 の上部に副産物膜が付着しやすいことに起因するものであった。

実験 2 では、処理容器 2 内に副産物膜が付着した状態で処理容器 2 内を 500℃ に加熱した場合の、加熱時間と処理容器 2 内の温度との関係を調べた。図 4 は、実験 2 によって得られた、加熱時間と処理容器内の温度との関係を示すグラフである。

図 4 に示すように、実施例 2 の処理方法（記号「○」で指示）の場合には、比較例 2 の処理方法（記号「□」で指示）に比べて、短い時間で処理容器 2 内の温度がほぼ均一となった。例えば、処理容器 2 内の温度が均一になったことの基準として、処理容器 2 内の温度が 500℃ ± 1℃ の範囲内となっ

た時点を使用するものとする。この前提において、実施例 2 の処理方法の場合には、処理容器 2 内を均一な温度に制御するのに約 100 分かかった。一方、比較例 2 の処理方法の場合には、処理容器 2 内を均一な温度に制御するのに約 160 分かかった。

実験 3 では、500℃の処理温度でウエハ 10 上に 6 nm のチタン窒化膜を形成し、処理容器 2 内の位置とウエハ 10 上のチタン窒化膜の膜厚及び面内均一性との関係を調べた。図 5 は、実験 3 によって得られた、処理容器内の位置とウエハ上のチタン窒化膜の膜厚との関係を示すグラフである。図 6 は、実験 3 によって得られた、処理容器内の位置とウエハ上のチタン窒化膜の膜厚の面内均一性との関係を示すグラフである。図 5 及び図 6 において、記号 B は処理容器 2 の底部、記号 C は処理容器 2 の中央、記号 T は処理容器 2 の上部を示す。

図 5 に示すように、実施例 3 の処理方法（記号「○」で指示）の場合には、処理容器 2 の 3 つの位置において、ほぼ同じ膜厚を有するチタン窒化膜をウエハ 10 上に形成することができた。これは、処理容器 2 内が、底部から上部に至る領域全体に亘ってほぼ均一な温度に制御されたためと考えられる。一方、比較例 3 の処理方法（記号「□」で指示）では、処理容器 2 の上部（T）で形成されたチタン窒化膜の膜厚が 6 nm よりかなり厚くなった。これは、処理容器 2 の上部において、処理容器 2 の内面にチタン窒化膜を主成分とする副産物膜が多く付着することにより、この部分で温度が不安定

になったためと考えられる。

また、図 6 に示すように、実施例 3 の処理方法（記号「○」で指示）の場合には、処理容器 2 の 3 つの位置において、ほぼ同じ面内均一性を有するチタン窒化膜をウエハ 10 上に形成することができた。これは、処理容器 2 内が、底部から上部に至る領域全体に亘ってほぼ均一な温度に制御されたためと考えられる。一方、比較例 3 の処理方法（記号「□」で指示）では、処理容器 2 の位置により、ウエハ 10 上に形成されたチタン窒化膜の面内均一性が異なるものとなった。これは、処理容器 2 内の温度にバラツキが生じたためと考えられる。

図 3 乃至図 6 を参照して説明したように、上述の実験 1 乃至 3 により、本発明の実施の形態に係る処理方法は、次のような利点を有することが確認された。即ち、成膜処理中、処理容器内の底部から上部に至る領域全体に亘ってほぼ均一な温度に制御することができる。成膜処理を開始する前、処理容器内の温度設定をより短時間で行うことができる。成膜処理により、処理容器内の位置に依存せずに、被処理基板上に所定の膜厚の薄膜を形成することができる。成膜処理により、処理容器内の位置に依存せずに、ウエハ上に所定の面内均一性の薄膜を形成することができる。

上記の実施の形態においては、処理容器 2 内に付着したチタン窒化膜を主成分とする副産物膜を酸化することにより、チタン酸化物を主成分とする膜に改質する。これにより、副産物膜の熱反射性を低下させ、副産物膜が処理容器 2 内の温

度制御性に対して与える悪影響を軽減する。しかし、上記の実施の形態に対しては、本発明の範囲において、種々の変形、応用が可能である。

例えば、副産物膜を改質する処理は、副産物膜の熱反射性を低下させる処理であれば、酸化処理以外の処理であってもよい。副産物膜の組成は、改質処理により熱反射性が低下するものであれば、チタン窒化膜を主成分とするもの以外の組成であってもよい。改質後の副産物膜の色は、熱反射性が低下するものであれば、白色や透明以外の色であってもよい。

CVD処理で使用される金属含有ガスとして、四塩化チタン (TiCl_4) に限らず、他の金属ハロゲン化合物、例えば、 TiF_4 、 TiI_4 、 TaCl_4 等を用いることができる。また、CVD処理で使用される他方の反応ガスとして、アンモニア (NH_3) に限らず、他のNとHとを含むガス、例えば、 N_2 と H_2 との混合ガス、MMHのようなヒドラジン系ガス等を用いることができる。

副産物膜は、CVDのような成膜処理の反応生成物を主成分とする膜に限定されるものではなく、成膜処理の反応副生成物や他の半導体処理の反応副生成物であってもよい。例えば、半導体処理において処理容器の内面上に形成される副産物膜が、半導体処理における温度制御を悪化させるという問題は、CVD装置に限らず、エッチング装置など他の半導体処理装置でも生じる共通の問題である。

図2に示すように、上記の実施の形態では、成膜処理と改質処理とパージ処理とをこの順で順次繰り返す。しかし、改

質処理を行わずに半導体処理を複数回繰り返した後、改質処理を行うように変更することもできる。但し、改質処理を行わずに半導体処理を複数回繰り返す回数は、副産物膜により処理容器内の温度が不安定にならない範囲である。

図 1 に示すように、上記実施の形態では、ガス供給管 17 から窒素ガスを処理容器 2 内に供給する。しかし、処理ガス導入管 13、14 から窒素ガスを供給してもよい。この場合、多くの場所から窒素ガスを処理容器 2 内に供給でき、窒素ガスによる処理容器 2 内のガスの排出を効率的に行うことができる。

また、図 1 に示すように、上記実施の形態では、半導体処理装置として、内管 3 と外管 4 とからなる二重管構造の処理容器 2 を有するバッチ式縦型熱処理装置が例示される。しかし、本発明は、内管 3 を有しない単管構造の処理容器を有するバッチ式熱処理装置に適用することができる。本発明はまた、被処理基板を 1 枚ずつ処理する枚葉式の処理装置にも適用することができる。

また、被処理基板としては、半導体ウエハに限定されず、ガラス基板や LCD 基板などにも、本発明を適用することができる。

産業上の利用可能性

本発明によれば、被処理基板を処理する半導体処理方法及び装置であって、処理容器の内面上に形成される副産物膜が半導体処理における温度制御を悪化させるのを防止するようにした処理方法及び装置を提供することができる。

請 求 の 範 囲

1. 半導体処理装置において被処理基板を処理する方法であって、

処理容器内で第1基板を処理温度に温度制御しながら前記処理容器内に処理ガスを供給し、前記第1基板に対して半導体処理を行う工程と、前記半導体処理において、前記処理容器の内面上に副産物膜が形成されることと、

前記半導体処理後で且つ前記処理容器から前記第1基板を取り出した後、前記処理容器内に改質ガスを供給し、前記副産物膜に対して改質処理を行う工程と、前記改質処理は前記副産物膜の熱反射性を低下させるように設定されることと、

前記改質処理後、前記処理容器内で第2基板を前記処理温度に温度制御しながら前記処理容器内に前記処理ガスを供給し、前記第2基板に対して前記半導体処理を行う工程と、を具備する。

2. 請求の範囲1に記載の方法において、

前記改質処理は、前記副産物膜の色を実質的に白色または透明に変色させるように設定される。

3. 請求の範囲1に記載の方法において、

前記改質処理後の前記副産物膜の光透過率は70%以上である。

4. 請求の範囲1に記載の方法において、

前記副産物膜は金属窒化物を主成分とする。

5. 請求の範囲4に記載の方法において、

前記金属窒化物はチタン窒化物である。

6. 請求の範囲 4 に記載の方法において、
前記改質ガスは前記副産物膜を酸化するガスである。

7. 請求の範囲 6 に記載の方法において、
前記改質ガスは酸素、酸素の活性種、またはオゾンを具備する。

8. 請求の範囲 6 に記載の方法において、
前記改質処理は、前記処理温度よりも十分に高い改質温度で行う。

9. 請求の範囲 1 に記載の方法において、
前記改質処理と前記半導体処理とを交互に行う。

10. 請求の範囲 1 に記載の方法において、
前記改質処理を行わずに前記半導体処理を複数回繰り返した後、前記改質処理を行う。

11. 請求の範囲 1 に記載の方法において、
前記半導体処理は、CVD 処理により被処理基板上に薄膜を形成する処理である。

12. 半導体処理装置において被処理基板を処理する方法であって、

処理容器内で第 1 基板を処理温度に温度制御しながら前記処理容器内に処理ガスを供給し、CVD 処理により前記第 1 基板上に金属窒化物を主成分とする薄膜を形成する工程と、
前記 CVD 処理において、前記処理容器の内面上に金属窒化物を主成分とする副産物膜が形成されることと、

前記半導体処理後で且つ前記処理容器から前記第 1 基板を取り出した後、前記処理容器内に改質ガスを供給し、前記副

産物膜に対して改質処理を行う工程と、前記改質処理は、前記処理温度よりも十分に高い改質温度で前記改質ガスにより前記副産物膜を酸化して前記副産物膜の熱反射性を低下させるように設定されることと、

前記改質処理後、前記処理容器内で第2基板を前記処理温度に温度制御しながら前記処理容器内に前記処理ガスを供給し、前記CVD処理により前記第2基板上に薄膜を形成する工程と、
を具備する。

13. 請求の範囲12に記載の方法において、

前記改質ガスは酸素、酸素の活性種、またはオゾンを具備する。

14. 請求の範囲12に記載の方法において、

前記処理ガスは、金属ハロゲン化合物のガスと、N及びHを含むガスとを具備する。

15. 請求の範囲14に記載の方法において、

前記金属ハロゲン化合物のガスは四塩化チタンである。

16. 請求の範囲14に記載の方法において、

前記N及びHを含むガスはアンモニアである。

17. 請求の範囲12に記載の方法において、

前記処理容器は複数の被処理基板を上下に間隔を設けて積層した状態で収納するように構成され、前記複数の被処理基板は前記処理容器の周囲に配設されたヒータにより加熱され、前記副産物膜は前記複数の被処理基板と前記ヒータとの間に介在する。

18. 半導体処理装置であって、

被処理基板を収容する処理容器と、

前記処理容器に収容された前記被処理基板を加熱するヒータと、

前記処理容器内に必要なガスを供給するガス供給系と、

前記ヒータ及び前記ガス供給系を制御する制御部と、

を具備し、前記制御部は、

前記処理容器内で第1基板を処理温度に温度制御しながら前記処理容器内に処理ガスを供給し、前記第1基板に対して半導体処理を行う工程と、前記半導体処理において、前記処理容器の内面上に副産物膜が形成されることと、

前記半導体処理後で且つ前記処理容器から前記第1基板を取り出した後、前記処理容器内に改質ガスを供給し、前記副産物膜に対して改質処理を行う工程と、前記改質処理は前記副産物膜の熱反射性を低下させるように設定されることと、

前記改質処理後、前記処理容器内で第2基板を前記処理温度に温度制御しながら前記処理容器内に前記処理ガスを供給し、前記第2基板に対して前記半導体処理を行う工程と、
を実行するように予設定される。

1/5

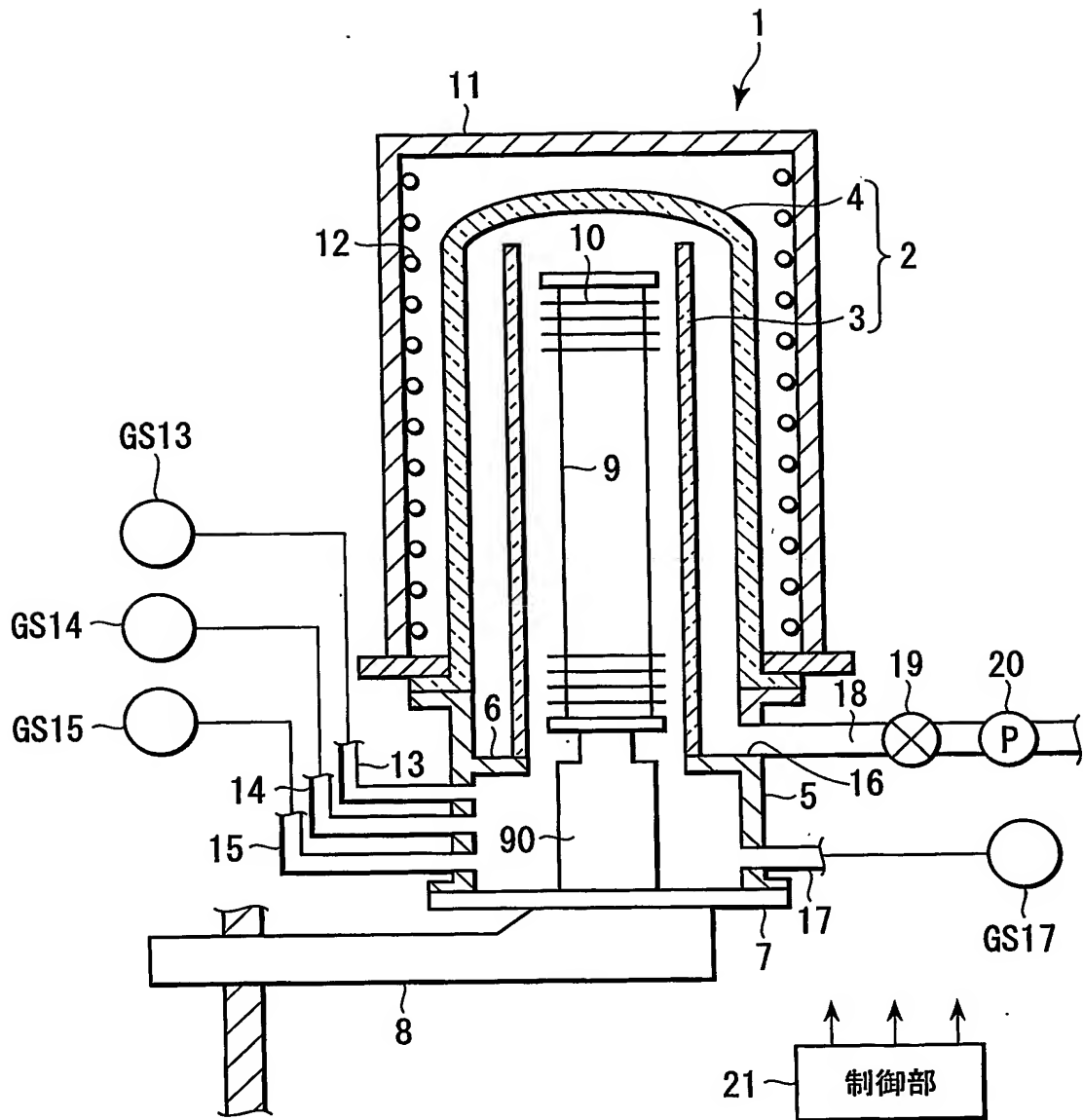


FIG. 1

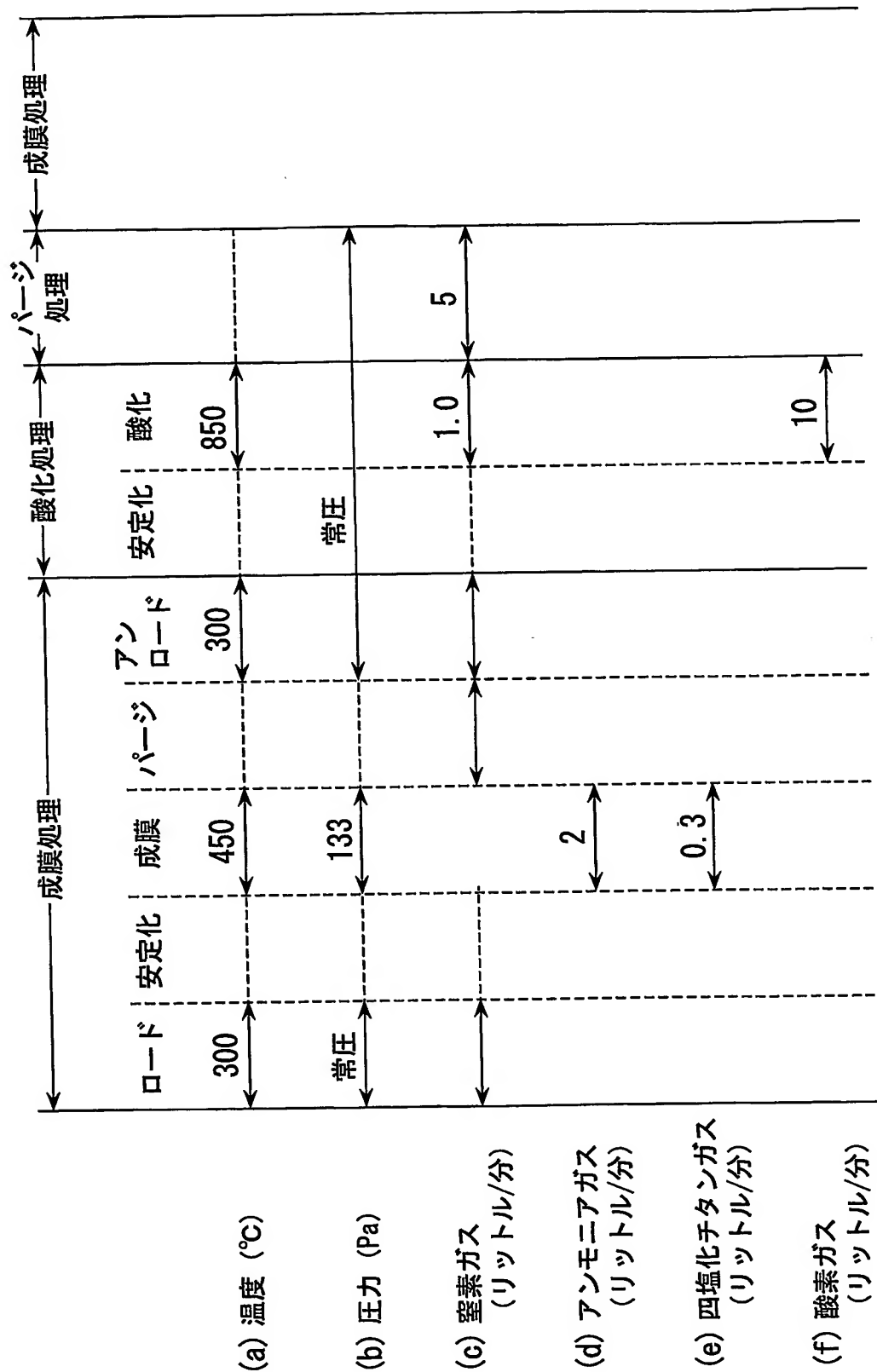


FIG. 2

3/5

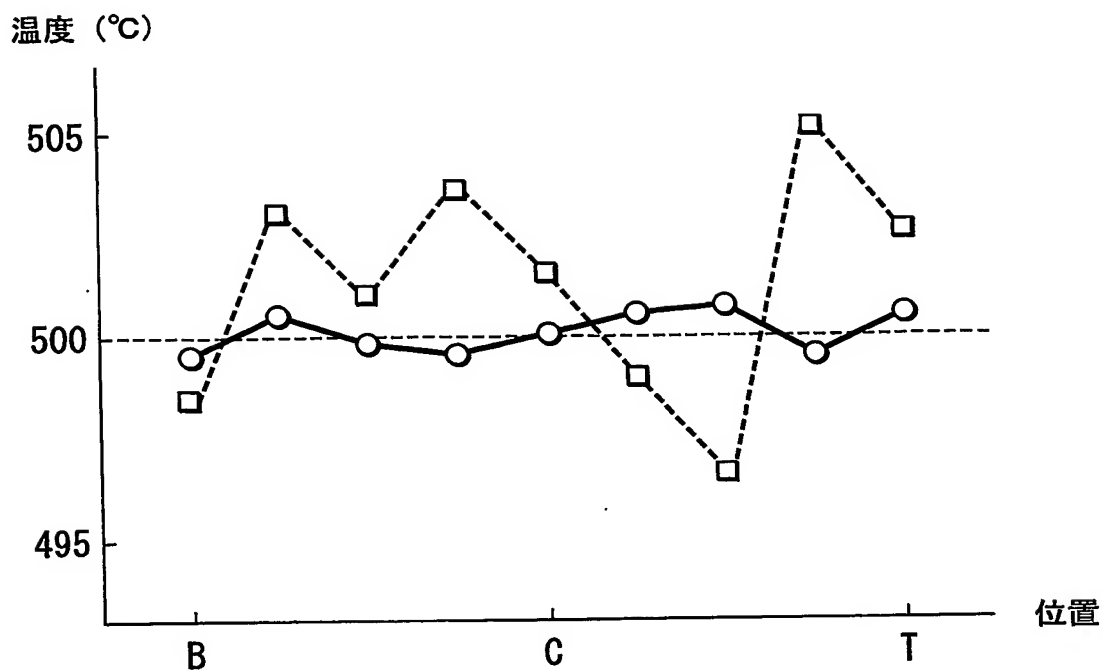


FIG. 3

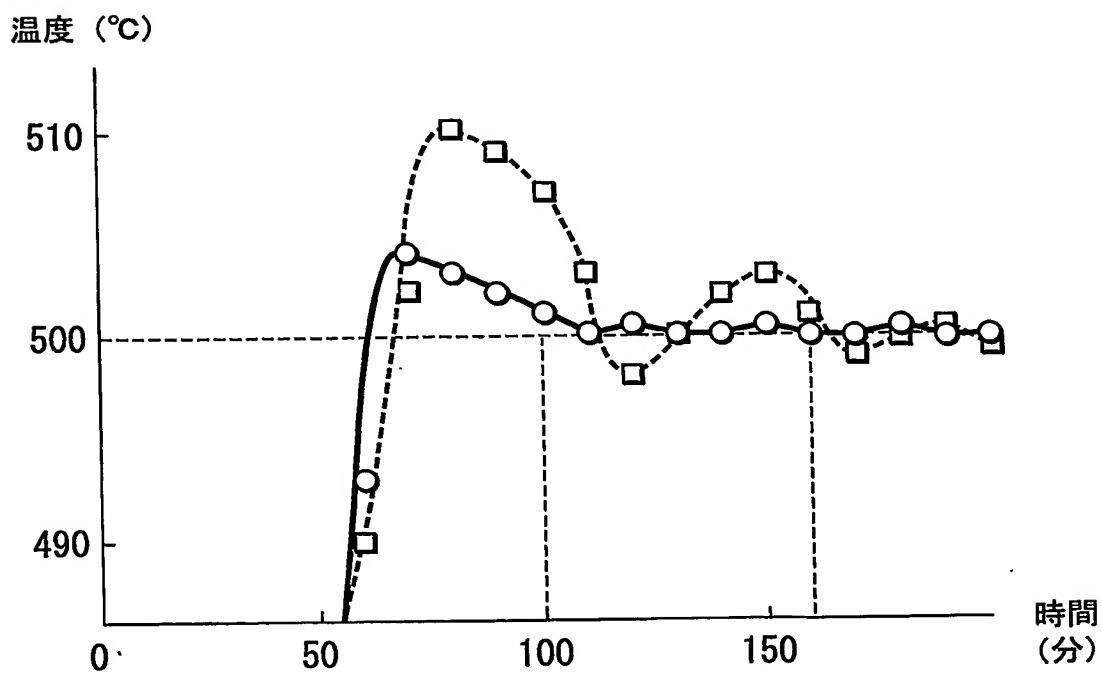


FIG. 4

4/5

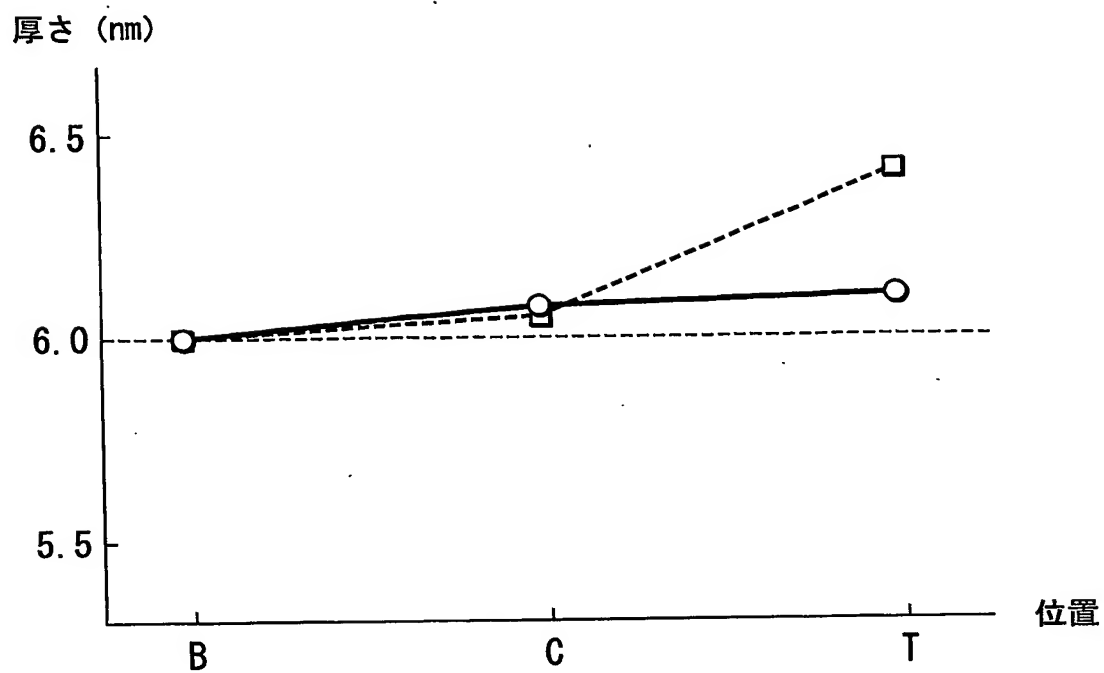


FIG. 5

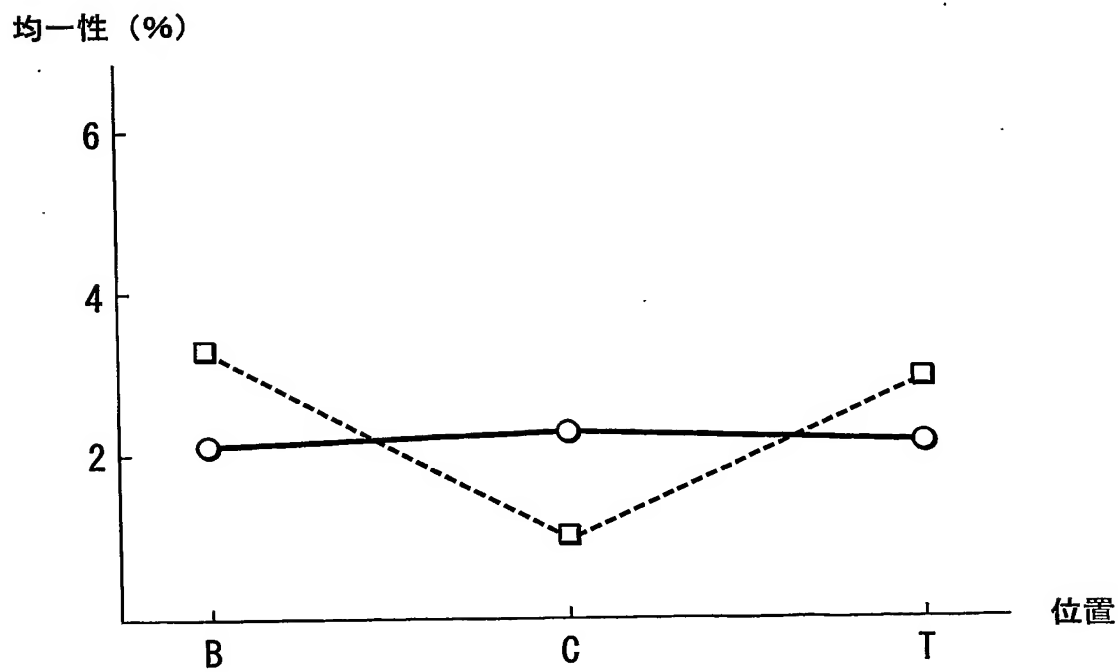


FIG. 6

5/5

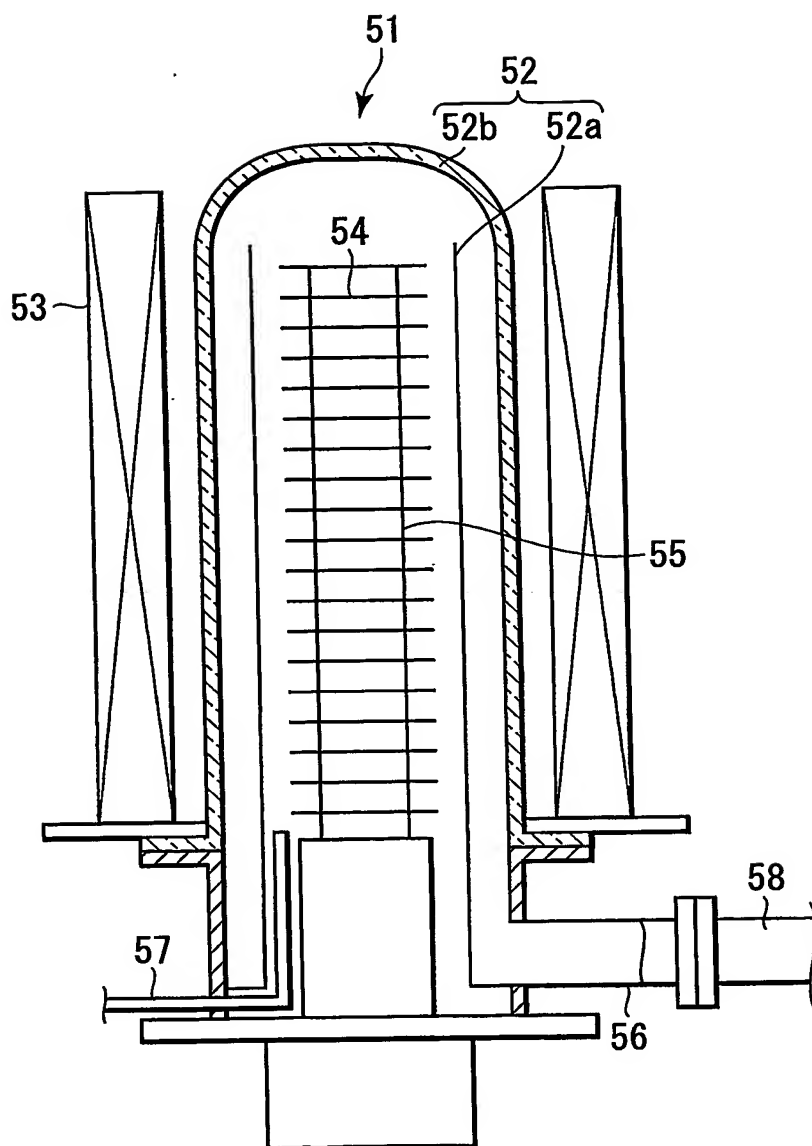


FIG. 7

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2004/001125

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl⁷ C23C16/44

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

Int.Cl⁷ C23C14/00-16/56, H01L21/203-21/205, H01L21/285, H01L21/31

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

| | | | |
|---------------------------|-----------|----------------------------|-----------|
| Jitsuyo Shinan Koho | 1922-1996 | Jitsuyo Shinan Toroku Koho | 1996-2004 |
| Kokai Jitsuyo Shinan Koho | 1971-2004 | Toroku Jitsuyo Shinan Koho | 1994-2004 |

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

| Category* | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages | Relevant to claim No. |
|-----------|--|-----------------------|
| A | GB 2282825 A (MITSUBISHI DENKI KABUSHIKI KAISHA), 19 April, 1995 (19.04.95), Page 4, line 21 to page 5, line 13 & FR 2711274 A & JP 7-111244 A Par. No. [0008] | 1-18 |
| A | US 6197118 B1 (ANELVA CORP.), 06 March, 2001 (06.03.01), Full text & JP 11-150073 A & KR 99045169 A & TW 399262 A & US 6486076 B1 | 1-18 |
| A | JP 3119475 B2 (NEC Corp.), 13 October, 2000 (13.10.00), Full text (Family: none) | 1-18 |

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"I" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
14 April, 2004 (14.04.04)

Date of mailing of the international search report
27 April, 2004 (27.04.04)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl⁷ C23C16/44

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl⁷ C23C14/00~16/56, H01L21/203~21/205, H01L21/285, H01L21/31

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報 1922-1996年
 日本国公開実用新案公報 1971-2004年
 日本国実用新案登録公報 1996-2004年
 日本国登録実用新案公報 1994-2004年

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

C. 関連すると認められる文献

| 引用文献の カテゴリー* | 引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示 | 関連する 請求の範囲の番号 |
|-----------------|---|------------------|
| A | GB 2282825 A (MITSUBISHI DENKI KABUSHIKI KAISHA) 1995.04.19 4頁21行-5頁13行, & .FR 2711274 A, & JP.7-111244 A, [0008] | 1-18 |
| A | US 6197118 B1 (ANELVA CORPORATION) 2001.03.06 全文, & JP 11-150073 A, & KR 99045169 A, & TW 399262 A, & US 6486076 B1 | 1-18 |
| A | JP 3119475 B2 (日本電気株式会社) 2000.10.13 全文, (ファミリーなし) | 1-18 |

☐ C欄の続きにも文献が列挙されている。☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
 「E」 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
 「L」 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)
 「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
 「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
 「X」 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
 「Y」 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
 「&」 同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

14. 04. 2004

国際調査報告の発送日

27. 4. 2004

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/J P)

郵便番号100-8915

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)

宮澤 尚之

4G

9278

電話番号 03-3581-1101 内線 3416

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☒ FADED TEXT OR DRAWING
- ☐ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.